



DEUTSCHES  
PATENTAMT

21 Aktenzeichen: P 43 28 537.6  
22 Anmeldetag: 25. 8. 93  
43 Offenlegungstag: 2. 3. 95

DE 43 28 537 A 1

71 Anmelder:

Institut für Maschinenelemente Universität  
Stuttgart, 70569 Stuttgart, DE

74 Vertreter:

Dr. iuss. U., Dipl.-Ing. Dr. jur.; Hosenthien, H.,  
Dipl.-Ing. Dr.-Ing.; Fuhlendorf, J., Dipl.-Ing.; Leitner,  
W., Dipl.-Ing. Dr. techn.; Steimle, J., Dipl.-Ing.,  
Pat.-Anwälte, 70188 Stuttgart

72 Erfinder:

Lechner, Gisbert, Prof. Dr.-Ing., 71032 Böblingen, DE;  
Hirschmann, Karl-Heinz, Dr.-Ing., 70195 Stuttgart,  
DE; Weidner, Georg, Dr.-Ing., 77815 Bühl, DE; Lang,  
Claus-Hermann, Dipl.-Ing., 88213 Ravensburg, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DE 38 08 524 C2  
DE 36 42 717 C2  
DE 35 45 335 C2  
DE 31 43 014 C2  
DE-AS 11 98 085  
DE 42 16 843 A1  
DE 39 32 647 A1  
DE 38 18 661 A1  
DE 38 12 824 A1  
SU 17 28 705  
SU 12 52 688

WEIDNER, Georg:

LECHNER, Gisbert: Klapper- und Rasselgeräusche in  
Fahrzeuggetrieben. In: ATZ Automobiltechnische  
Zeitschrift, 92, 1990, 6, S.320-326;

Thiemig, Prüfstände für Fahrzeug-Getriebe. In: ATZ  
Automobiltechnische Zeitschrift, Jg.63, H.8,  
Aug.1961, S.240;

HERRMANN, J.;

TIMMERS, J.: Geräuschuntersuchungen als  
Hilfsmittel der Fertigungskontrolle. In: In-  
dustrie-Anzeiger, 87.Jg., Nr.17, 26. Feb.1965,  
S.309-314;

KROTTMAIER, Johannes;

LEITER, Karl: Geräuschmini- mierung an einem  
Hinterachsgetriebe. In: ATZ Auto-mobiltechnische  
Zeitschrift, 93, 1991, 6, S.324-329;

HÜTHER, H.: Messungen am kontinuierlich verstell-  
baren Automatikgetriebe (CTX) im Prüfstands- und  
Fahrbetrieb. In: VDI Berichte Nr.681, 1988, S.207;

ZIMMERMANN, H.:

Geräuschminderungsmaßnahmen im Ge-triebebau.  
In: Antriebstechnik, 21, 1982, Nr.3,  
S.96-100;

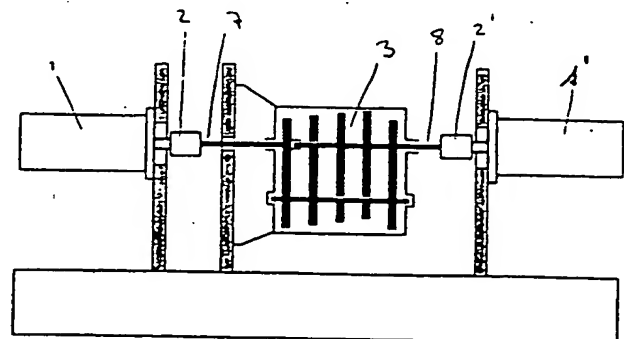
SCHMID, Ingöbert;

u.a.: Minimierung der Dreh- schwingungen von  
dynamischen Getriebeprüfständen. In: ATZ  
Automobiltechnische Zeitschrift, 85, 1983, 1, S.25;

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Getriebeprüfstand

57 Bei einem Getriebeprüfstand mit einem Antriebsmotor (1),  
der mit einer drehsteifen Kupplung (2) mit der Antriebswelle  
eines Getriebes (3) verbunden ist, einem PC (5) und einer  
Steuereinheit (6), wobei der PC (5) und die Steuereinheit (6)  
zur Drehzahlsteuerung des Antriebsmotors (1) dienen, kön-  
nen eine größere Anzahl von Fahrzuständen dadurch simu-  
liert werden, daß der Getriebeprüfstand einen weiteren  
Motor (1') aufweist, der über eine drehsteife Kupplung (2')  
mit der Abtriebswelle des Getriebes (3) verbunden ist und  
daß der weitere Motor (1') sowohl als Antriebs- als auch als  
Bremsmotor einsetzbar ist.



DE 43 28 537 A 1

Die Erfindung betrifft einen Getriebeprüfstand mit einem Antriebsmotor, der mit einer drehsteifen Kupplung mit der Antriebswelle eines Getriebes verbunden ist, einem PC und einer Steuereinheit, wobei der PC und die Steuereinheit zur Drehzahlsteuerung des Antriebsmotors dienen.

Getriebe als Elemente des Antriebs- oder Triebstrangs, bspw. bei Kraftfahrzeugen, sind hinreichend bekannt. Ihre Aufgabe ist es, das Motordrehmoment zu wandeln und zu übertragen, die Motordrehzahl zu wandeln, den Leerlauf des Motors bei stehendem Fahrzeug zu ermöglichen und gegebenenfalls den Drehsinn der Antriebsräder umzukehren. Dies gilt insbesondere für Verbrennungsmotoren, da sie nur zwischen einer Mindest- und einer Höchstdrehzahl arbeiten und in diesem Drehzahlbereich nur ein begrenztes Drehmoment abgeben können. Bei Kraftfahrzeugen muß dieses vom Motor abgegebene Drehmoment vom Getriebe und gegebenenfalls vom Achsantrieb so gewandelt werden, daß alle gewünschten Fahrzustände, wie z. B. Anfahren, Beschleunigen, Bergfahren, Fahrtrichtungswechsel, erreicht werden können.

Getriebe in Kraftfahrzeugen, die von einem Verbrennungsmotor angetrieben werden, sind ungleichförmigen Drehzahlen und Drehmomenten ausgesetzt. Diese kommen antriebsseitig z. B. durch Gasstoßkräfte des Verbrennungsmotors und abtriebsseitig vor allem durch bestimmte Fahrzustände, bspw. Anfahren, Beschleunigen, Bremsen, Durchdrehen der Räder, und Fahrbahnbeschaffenheiten, bspw. gut haftende Fahrbahn, Rollsplitt, Eis, usw. zustande.

Funktionsbedingt befinden sich in jedem Getriebe spielbehaftete Bauteile, wie z. B. Zahnräder, Synchronringe, Synchronkörper, Lamellenkupplungsscheiben und Wellen, die zu Schwingungen angeregt werden können. Außerdem können im An- bzw. Abtriebsstrang vor allem Torsionsschwingungen auftreten. Grund für diese Schwingungen sind unter anderem die oben genannten Ungleichförmigkeiten der Drehzahlen und Drehmomente. Die Bauteile führen durch die Anregung aufgrund dieser Drehzahl- und Drehmomentungleichförmigkeiten innerhalb ihrer funktions- und/oder fertigungsbedingten Spiele und Toleranzen Schwingungen aus, die oft unentdeckt bleiben. Störend und zum Teil die Lebensdauer verringern werden diese Schwingungen, wenn durch sie Teile an anderen Teilen der Paarung anschlagen. Bei Synchronringen und Lamellen führt dieses Anschlagen oft zu Verschleiß an den Anschlagnoppen oder gar zu deren Bruch. Bei Zahnrädern, Synchronisierungsbauteilen, Wellen oder Fügstellen führt dieses Anschlagen zu unangenehmen Klapper- und Rasselgeräuschen, durch die der Fahrer möglicherweise Schäden am Triebstrang des Fahrzeugs vermutet und Anlaß zu kostspieligen Reklamationen gibt.

Gerade dieses Klappern und Rasseln tritt in letzter Zeit verstärkt in Erscheinung, da bei Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren modernes Motormanagement zur optimalen Steuerung von Emission und Kraftstoffverbrauch einen zunehmend ungleichförmigeren Drehzahlverlauf des Motors bedingt. Außerdem werden die Kraftfahrzeuge immer leiser, so daß die früher unerkannt gebliebenen Klapper- und Rasselgeräusche immer mehr in den Vordergrund treten und als störend empfunden werden.

Um derartige Drehzahlungleichförmigkeiten zur Prüfung von Fahrzeuggetrieben außerhalb aber auch inner-

halb des Fahrzeuges erzeugen, sind durch Ersatz der Verbrennungskraftmaschine mechanische Methoden bekannt. Die einfachste Methode ist die Ausnutzung des Winkelfehlers eines Kardangelenkes. Damit kann bspw. ein sinusförmiger Drehzahlverlauf erzeugt werden, der jedoch nur in seiner Amplitude und nicht in Form und Frequenz manipulierbar ist.

Eine Weiterentwicklung hiervon ist die Verwendung von aufwendigeren Getrieben, insbesondere Überlagerungsgetrieben. Durch sie sind auch andere Drehzahlfunktionen darstellbar. Zur Änderung der Funktion ist aber jeweils der Einbau neuer Komponenten, z. B. Kurvenscheiben, notwendig. Ferner sind sehr aufwendige und teure hydraulische Ansteuerungen bekannt, welche den Nachteil einer begrenzten Dynamik besitzen.

Auch die Verwendung eines hochdynamischen Servomotors, der mit beliebigen Drehzahlverläufen angesteuert werden kann, ist als Antrieb bekannt (ATZ Automobiltechnische Zeitschrift 92 (1990), 6, S. 320—326). Dieser ist mit einer drehsteifen Kupplung zur Kompensation kleiner Achsversätze bis zu 0,5 mm mit der Antriebswelle des Getriebes verbunden.

Nachteil dieser Prüfvorrichtungen ist, daß die Simulation des echten Fahr- bzw. Belastungszustandes nur annäherungsweise durchgeführt werden kann. Die Simulation ist somit für manche Fahrzustände nicht realistisch.

Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung bereitzustellen, bei der auf möglichst einfache Weise eine wesentlich größere Anzahl von Betriebszuständen eines Fahrzeuggetriebes simuliert werden kann.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß der Getriebeprüfstand einen weiteren Motor aufweist, der über eine drehsteife Kupplung mit der Abtriebswelle des Getriebes verbunden ist und daß der weitere Motor sowohl als Antriebs- als auch als Bremsmotor einsetzbar ist.

Durch die Verwendung zweier Motoren wird bspw. eine Simulation des Übergangs von Beschleunigen auf Bremsen durch den Verbrennungsmotor bzw. in der Prüfvorrichtung durch den Antriebsmotor mit beliebig vorgegebenen Abbremsvorgängen erst möglich. Bei der Verwendung des weiteren Motors als Bremsmotor können z. B. Anfahrvorgänge auf ebener und ansteigender Straße, beliebige Beschleunigungs- und Schaltvorgänge, Fahrzustände bei Gegenwind und bei verschiedenen Zuladungen usw. exakt reproduzierbar simuliert werden. Mittels des PC können die Drehzahl und das Moment sowohl des Antriebs- als auch des Bremsmotors angesteuert werden.

Wird der weitere Motor als Antriebsmotor verwendet, können z. B. Talfahrten simuliert werden, bei denen das Getriebe über die Abtriebswelle angetrieben wird. Dabei wird vorteilhaft der erste Motor als Bremsmotor eingesetzt.

Die Überprüfung erfolgt vorzugsweise bei Nutzfahrzeuggetrieben, doch die Untersuchung anderer Getriebe z. B. von Motorrad-, Personenkraftwagen- und Lastkraftwagengetriebe sowie Schiffgetriebe, Getriebe von Werkzeugmaschinen, Zahnräderpumpen, Servomotoren mit integrierten Getrieben, Sitzverstellungen, Fensterheber usw. mit dem erfindungsgemäßen Getriebeprüfstand ist ebenfalls denkbar.

Besonders vorteilhaft ist die Verwendung von leisen Elektromotoren, vorzugsweise von hochdynamischen Elektromotoren, als Antriebs- bzw. Bremsmotoren, da sich hierbei die Nebengeräusche nicht störend auf die Untersuchung auswirken. Vereinfacht wird der Aufbau

und die Auswertung durch die Verwendung zweier identischer Elektromotoren.

Vorteilhaft für eine realistische Simulation ist die Verwendung eines beheizbaren oder kühlfähigen Ölbehälters, mit dem das Getriebeöl und somit auch das Getriebe schneller auf eine realistische Betriebstemperatur aufgeheizt oder abgekühlt werden können. Für stationäre Betriebstemperaturen während der Messungen kann das durch Ölzirkulation beheizte Getriebe zusätzlich mittels Infrarot-Lampen zur Verlängerung der Meßzyklen angestrahlt werden.

Bei einer Ausführungsform besteht die Möglichkeit, den Prüfstand mit Getriebe in Fahrzeuge einzubauen. Eine genaue und exakt reproduzierbare Untersuchung der Übertragung des Körperschalls vom Getriebe auf die Karosserie des Fahrzeugs wird hierdurch möglich, ohne daß Nebengeräusche, wie Straßenlärm oder ähnliches und teure Meßfahrten stören.

Vorteilhaft ist weiterhin, daß Drehzahlverläufe, die denen von Verbrennungsmotoren entsprechen, mittels eines PCs oder eines Frequenzgenerators beliebig vorgegeben werden können. Versuche im Freien können somit entfallen und die Versuche selbst werden reproduzierbar. Ferner kann mit dieser Vorrichtung der Einfluß der spielbehafteten Mitnehmerverzahnung von Schaltkupplungen sowie die Schwingungstilgung der Schaltkupplung auf das Getriebeklappen und -rasseln untersucht werden, was in der Regel sonst nur im Fahrzeug bei einem realen zeitaufwendigen oder kostspieligen Versuch durchführbar ist.

Bei einer vorteilhaften Ausführung ist vorgesehen, daß mit dieser Vorrichtung das heute bekannte, aber teure und gewichtsbehaftete Zweimassenschwungrad zur Minimierung der Drehungleichförmigkeiten zwischen Motor und Getriebe mittels der PC-Steuerung in seiner Wirkungsweise simuliert und optimiert wird. Dabei läßt sich für jedes spezielle Getriebe durch optimale Auslegung des Zweimassenschwungrades in kurzer Zeit ein getriebeegeräuschminimierter Antriebsstrang entwickeln.

Bei einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform ist vorgesehen, daß sich durch Iterationsschleifen der PC-Ansteuerung der Servomotoren und durch integrierte Geräuschbewertung eine optimale Schaltkupplungskennlinie und damit eine Kupplungsauslegung erzielen läßt. Es können Kennlinien erzeugt werden, bei denen ohne ein Zweimassenschwungrad ein akzeptables minimiertes Getriebeklappen erreicht wird, das in seiner Intensität dem des Antriebsstranges mit Zweimassenschwungrad entspricht oder sogar geringer ist.

Weitere Einzelheiten, Vorteile und Merkmale der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung, in der unter Bezugnahme auf die Zeichnung das bevorzugte Ausführungsbeispiel im einzelnen beschrieben ist. Dabei zeigen:

Fig. 1 die erfindungsgemäße Vorrichtung mit zwei gleichen Elektromotoren zur Simulation von Zug- oder Schubetrieb; und

Fig. 2 den Aufbau eines Versuchstandes gemäß dem Stand der Technik.

Die Fig. 2 zeigt einen Getriebeprüfstand gemäß dem Stand der Technik mit einem Antriebsmotor 1 und einem Getriebe 3. Der Antriebsmotor 1 ist ein hochdynamischer Elektromotor, der mit einer drehsteifen Kupplung 2 mit der Antriebswelle des Getriebes 3 verbunden ist. Für realistische Betriebstemperaturen wird das Getriebeöl extern in einem Ölbehälter 4 aufgeheizt oder abgekühlt und durch das Getriebe 3 gepumpt. Die

Drehzahlvorgabe erfolgt mit einem handelsüblichen PC 5, an den eine Steuereinheit 6 angeschlossen ist, die den Elektromotor ansteuert. Die Drehzahlvorgabe des PC 5 ist entweder eine Simulation der Teststrecke oder erfolgt nach einfachen Simulationsmodellen zur Ermittlung der maßgeblichen, rasseleräuschbeeinflussenden Parameter.

Fig. 1 zeigt einen Getriebeprüfstand gemäß der Erfindung mit einem Antriebsmotor 1, der mit der Antriebswelle 7 des Getriebes 3 über eine drehsteife Kupplung 2 verbunden ist. Mit der Abtriebswelle 8 des Getriebes 3 ist über eine zweite drehsteife Kupplung 2' ein weiterer, im Ausführungsbeispiel mit dem Antriebsmotor 1 gleich ausgebildeter Motor 1' verbunden. Beide Motoren 1 und 1' werden durch die Steuereinheit 6 und den PC 5 entsprechend dem Getriebeprüfstand der Fig. 2 gesteuert.

Im Normalbetrieb leitet der Antriebsmotor 1 das Drehmoment in das Getriebe 3 ein und der Motor 1' brems mit einem Moment, das gerade ausreicht, damit die geschalteten Verzahnungen am Abheben gehindert werden. Dies entspricht z. B. einer konstanten Fahrt auf ebener Straße. Erfindungsgemäß kann aber auch der weitere Motor 1' als Antriebsmotor dienen, wobei nun der Motor 1 so angesteuert wird, daß dieser das Getriebe 3 brems. Auf diese Weise können Schubbetriebe z. B. bei Talfahrten, allgemeiner Schubetrieb bei Gaswagnahme oder beim Schalten simuliert werden.

Mit diesem Getriebeprüfstand können auf einfachste Weise beliebige Drehzahlverläufe simuliert werden, indem die Elektromotoren von dem handelsüblichen PC 5 oder einem Frequenzgenerator angesteuert werden. Die bei realen Versuchen an Fahrzeugen gemessenen Drehzahlverläufe können hier exakt wiedergegeben werden. Die Laufgeräusche des Getriebeprüfstandes sind so gering, daß die zu prüfenden Klappergeräusche praktisch ohne Nebengeräusche reproduzierbar gemessen und beurteilt werden können. Die erzeugbaren Drehungleichförmigkeiten können je nach Zug- oder Schubetrieb bis zu 5000 1/min betragen. Die erreichbaren Winkelbeschleunigungsamplituden hängen insbesondere von den reduzierten Trägheitsmomenten der einzelnen Gangstufen ab und können bis zu 3000 rad/s<sup>2</sup> betragen.

Von Vorteil ist außerdem, daß der Getriebeprüfstand hoch flexible Adaptionmöglichkeiten aufweist, die ein rasches Montieren von Motorrad-, Personenkraft-, Nutzkraft- und Lastenkraftwagengetrieben erlauben, was den Einsatz des Prüfstandes in der Qualitätskontrolle, z. B. bei der Ermittlung der Serienstreuung des Grund- bzw. Rasseleräusches ermöglicht. Um die Übertragung des Körperschalls des Getriebes 3 an die Fahrzeugkarosserie zu untersuchen, kann der Getriebeprüfstand auch in Fahrzeuge eingebaut werden. Reine Fahrgeräusche, hervorgerufen durch den Verbrennungsmotor, die Räder, Wind und die Karosserie selbst, werden hierdurch ausgeschaltet.

#### Patentansprüche

1. Getriebeprüfstand mit einem Antriebsmotor (1), der mit einer drehsteifen Kupplung (2) mit der Antriebswelle eines Getriebes (3) verbunden ist, einem PC (5) und einer Steuereinheit (6), wobei der PC (5) und die Steuereinheit (6) zur Drehzahlsteuerung des Antriebsmotors (1) dienen, dadurch gekennzeichnet, daß der Getriebeprüfstand einen weiteren Motor (1') aufweist, der über eine drehsteife

Kupplung (2') mit der Antriebswelle des Getriebes (3) verbunden ist und daß der weitere Motor (1') sowohl als Antriebs- als auch als Bremsmotor einsetzbar ist.

2. Getriebeprüfstand nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der erste Motor (1) als Bremsmotor einsetzbar ist.

3. Getriebeprüfstand nach Anspruch 1 oder, dadurch gekennzeichnet, daß die Motoren (1 bzw. 1') Elektromotoren sind.

4. Getriebeprüfstand nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Motoren (1 bzw. 1') zwei identische Elektromotoren sind.

5. Getriebeprüfstand nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein Ölbehälter (4) zur Beheizung des Getriebes (3) vorgesehen ist.

6. Getriebeprüfstand nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Getriebe im zu untersuchenden Fahrzeug eingebaut ist.

7. Verfahren zum Überprüfen von Getrieben mit einem Getriebeprüfstand nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die Drehzahlverläufe denen von Verbrennungsmotoren entsprechen und mittels eines PC (5) oder Frequenzgenerators beliebig vorgegeben werden können, dadurch gekennzeichnet, daß ein mit der Antriebswelle des Getriebes (3) verbundener weiterer Motor (1') als Antriebs- oder Bremsmotor angesteuert wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Getriebe (3) in ein zu untersuchendes Fahrzeug eingebaut wird und mit realistischen Drehungleichförmigkeiten angeregt und auf Klapper- und Rasselgeräuschneigung hin untersucht wird.

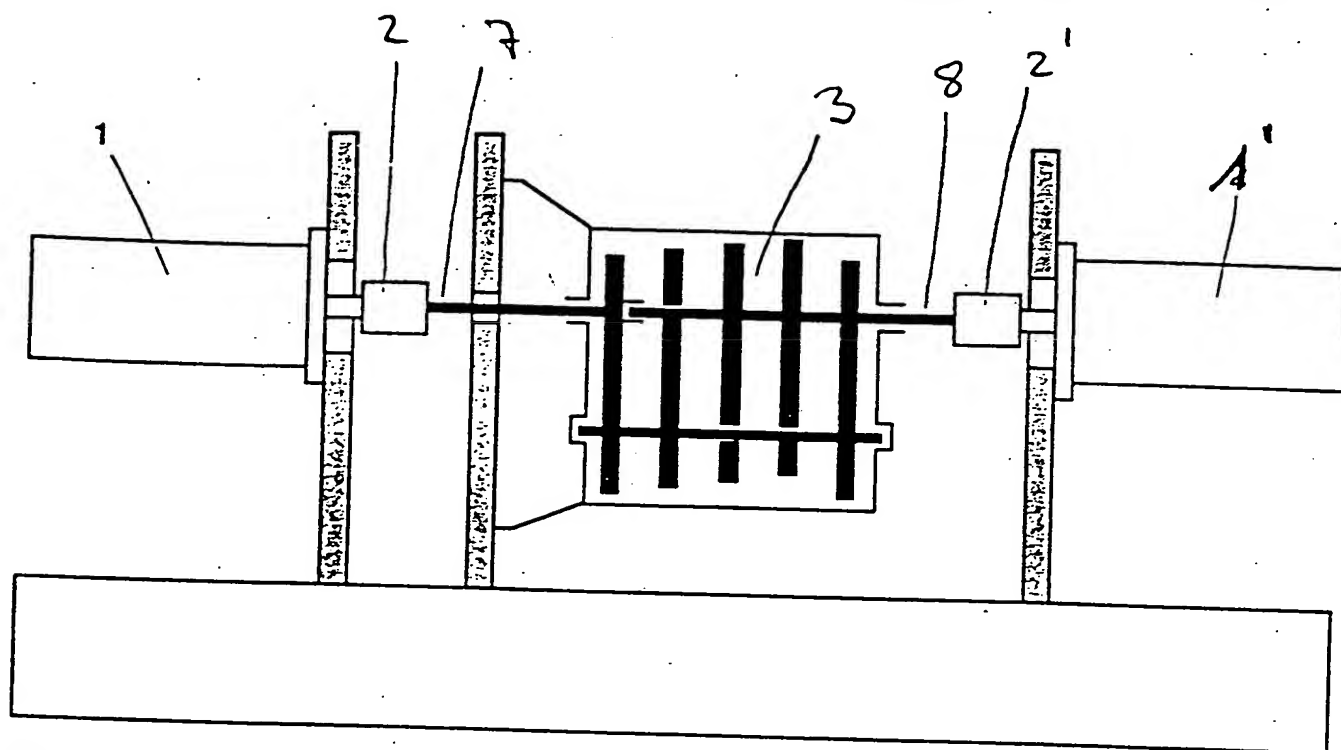
9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Einfluß der spielbehafteten Mitnehmerverzahnung und das Schwingungstilgungsverhalten der Schaltkupplung auf die Getriebe-klapper- und Getrieberasselgeräusche hin untersucht wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Einfluß des Zweimassenschwungrades zwischen einem Verbrennungsmotor und dem Getriebe (3) in der Vorrichtung simuliert und dadurch optimiert und gegebenenfalls durch iterative Abstimmung ganz ersetzt wird.

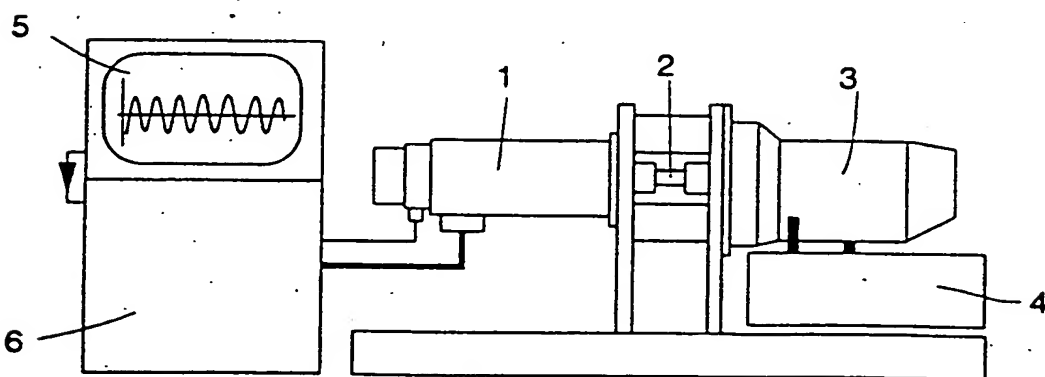
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß der vom Getriebe (3) auf eine Fahrzeugkarosserie übertragene Körperschall gemessen wird.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -



Figur 1



Figur 2